

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 10041281  
PUBLICATION DATE : 13-02-98

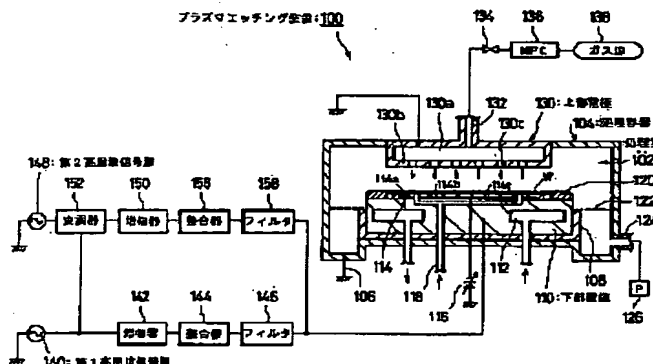
APPLICATION DATE : 23-07-96  
APPLICATION NUMBER : 08212027

APPLICANT : TOKYO ELECTRON LTD;

INVENTOR : INASAWA KOICHIRO;

INT.CL. : H01L 21/3065 C23F 4/00

TITLE : PLASMA TREATING APPARATUS



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma treating apparatus with which ultrafine treatment can be performed by using a superposed high frequency power.

SOLUTION: When etching a work, e.g. the high frequency power to be applied to a lower electrode 110 comprises so that a relatively higher frequency power component superposed on a relatively lower frequency power component, and further the former component is higher than the latter component. The amplitude of high frequency power component is corrected and changed according to that of the lower frequency power component for an optimum condition, or the positive part of the lower frequency power component waveform is bent back to the lower side. This enables desired ultrafine machining at a high selectivity and high etching rate.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理室内に対向配置された上部電極と下部電極とを備え、前記下部電極に高周波電力を印加することにより、両電極間に反応性プラズマを生成し、その反応性プラズマにより下部電極上に載置される被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、前記下部電極に印加される高周波電力は、第1高周波電源より発振された相対的に低い周波数の低周波電力に対して第2高周波電源より発振された相対的に高い周波数の高周波電力を重畳した重畳高周波電力であり、かつその重畳高周波電力の低周波電力成分の負側ピーク付近の高周波振幅が低周波電力成分の正側ピーク付近の高周波振幅より相対的に大きいことを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項2】 さらに、前記重畳高周波電力の前記低周波電力成分の負側ピーク付近の高周波振幅を相対的に増幅する増幅手段を備えたことを特徴とする、請求項1に記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】 さらに、前記重畳高周波電力の前記低周波電力成分の正側ピーク付近の高周波振幅を相対的に減衰する減衰手段を備えたことを特徴とする、請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 処理室内に対向配置された上部電極と下部電極とを備え、前記下部電極に高周波電力を印加することにより、両電極間に反応性プラズマを生成し、その反応性プラズマにより下部電極上に載置される被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

第1高周波電源より発振される相対的に低い周波数の低周波電力の正側波形を負側に折り返す整流手段を備え、前記下部電極に印加される高周波電力は、前記整流手段により負側にのみ折り返された前記低周波電力に対して第2高周波電源より発振される相対的に高い周波数の高周波電力を重畳した重畳高周波電力であることを特徴とする、プラズマ処理装置。

【請求項5】 前記重畳高周波電力の低周波成分の負側ピーク付近の高周波振幅を他の部分の振幅よりも相対的に増幅する増幅手段を備えたことを特徴とする、請求項4に記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】 前記重畳高周波電力の前記高周波電力成分は前記低周波電力成分よりも相対的に大きいことを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の平行平板型プラズマ処理装置を用

いたエッチング処理について説明すると、気密な処理室内に設けられている下部電極上に被処理体、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」と称する。）を載置し、処理室内へ所定の処理ガスを導入するとともに、処理室に接続された真空引き手段等により、処理室内を所定の減圧雰囲気維持する。

【0003】しかる後、下部電極あるいは／及び下部電極に対向する位置に配置された上部電極に、一定周波数の高周波電力を印加することで、両電極間にプラズマを生じさせ、そのプラズマにより処理ガスが解離して生じたエッチャントイオンを、ウェハ上の被処理面に衝突させることによって、所望のエッチング処理を行なっている。

【0004】しかしながら、エッチング処理において、一定周波数の高周波電力を電極に連続して印加すると、処理室内の電子温度が上昇するため、処理ガスの解離が過度に進行して、選択比及びエッチングレートが低下するという問題が生じる。

【0005】そのため、従来の処理装置では、選択比あるいはエッチングレートの向上には自ずと限界があり、特に最近の半導体デバイスの超高集積化及び小型化に伴って求められている超微細加工において、その限界の克服が技術的要求項目として挙げられている。

【0006】そこで、電極に対してパルス変調された高周波電力を印加する技術、あるいは特公平7-95544に示されているように、比較的電力の大きい相対的に低い周波数の低周波電力成分に対して、比較的電力の小さい相対的に高い周波数の高周波電力成分を重畳した重畳高周波電力を印加する技術が提案されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、エッチング処理において、パルス変調した高周波電力を電極に印加した場合、選択比は向上するが、放電が持続しないため、パルス間隔の増加に相対してエッチングレートは減少してしまう。また、エッチングレートを向上させるため高周波電力の出力を高めると、処理室内の電子温度が上昇して選択比が得られないだけでなく、被処理面の温度も上昇してしまい、被処理体に対する損傷が問題となっていた。

【0008】本発明は、従来のプラズマ処理装置が有する上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、処理室内の電子温度の上昇を制御しながらも、プラズマ密度の減少を伴わずに、高選択比及び高エッチングレートで所望の超微細加工が可能な、新規かつ改良されたプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1によれば、処理室内に対向配置された上部電極と下部電極とを備え、上記下部電極に高周波電力を印加することにより、両電極間に反応性プラズマを生成

し、その反応性プラズマにより下部電極上に載置される被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、上記下部電極に印加される高周波電力は、第1高周波電源より発振された相対的に低い周波数の低周波電力に対して第2高周波電源より発振された相対的に高い周波数の高周波電力を重畳した重畳高周波電力であり、かつその重畳高周波電力の低周波電力成分の負側ピーク付近の高周波振幅が低周波電力成分の正側ピーク付近の高周波振幅より相対的に大きいことを特徴としている。

【0010】また、請求項2によると、上記プラズマ処理装置は、上記重畳高周波電力の上記低周波電力成分の負側ピーク付近の高周波振幅を相対的に増幅する増幅手段を備えたことを特徴としている。

【0011】さらに、請求項3によると、上記プラズマ処理装置は、上記重畳高周波電力の上記低周波電力成分の正側ピーク付近の高周波振幅を相対的に減衰する減衰手段を備えたことを特徴としている。

【0012】下部電極に負側の重畳高周波電力が印加されている際には、上部電極と下部電極との間には電子は流れず、下部電極には負の帯電が生じる。これにより、例えば被処理体にエッチング処理を施す場合、反応性プラズマにより所定の処理ガスが解離することによって生じた反応性イオンと電子のうち、エッチング処理に必須の反応性イオンのみの空間、いわゆるイオンシース領域が拡大し、反応性イオンが被処理体に引き寄せられてエッチングが進行する。

【0013】また、下部電極に正側の重畳高周波電力が印加されている際には、上部電極と下部電極との間には電子電流が流れるため、イオンシースの電位が低下して、反応性イオンが加速されず、エッチング処理には寄与しない。

【0014】さらに、下部電極における重畳高周波電力の波形は、プラズマとイオンシースが持つ、いわゆるダイオード特性により、低周波電力の負側が印加されているときは高周波電力の振幅が大きく、逆に低周波電力の正側が印加されているときは高周波電力の振幅が小さくなる。

【0015】従って、本発明においては、いわゆるダイオード特性に逆らうことなく、低周波電力の正側が印加されているときは高周波電力の振幅が小さく、逆に低周波電力の負側が印加されているときは高周波電力の振幅が大きくなるように制御し、さらにその振幅の幅も制御することができる。これにより、高密度なプラズマを得ることが可能となるとともに、放電を持続させながら処理ガスが過度に解離することを防止できるため、高エッチングレートで均一性の高いエッチングが可能となる。

【0016】請求項4によると、処理室内に対向配置された上部電極と下部電極とを備え、上記下部電極に高周波電力を印加することにより、両電極間に反応性プラズ

マを生成し、その反応性プラズマにより下部電極上に載置される被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、第1高周波電源より発振される相対的に低い周波数の低周波電力の正側波形を負側に折り返す整流手段を備え、上記下部電極に印加される高周波電力は、上記整流手段により負側にのみ折り返された上記低周波電力に対して第2高周波電源より発振される相対的に高い周波数の高周波電力を重畳した重畳高周波電力であることを特徴としている。

【0017】従って、下部電極には常時負側の低周波電力のみが印加されるため、高周波電力により解離されたプラズマ中の反応性イオンを効率的に被処理体に引き寄せることが可能となり、エッチングレートを向上させることができる。

【0018】請求項5によると、上記重畳高周波電力の低周波成分の負側ピーク付近の高周波振幅を他の部分の振幅よりも相対的に増幅する増幅手段を備えたことを特徴としている。

【0019】従って、低周波電力の負側ピーク付近の振幅を他の部分の振幅よりも相対的に大きくすることによって可能となるため、さらに高密度なプラズマを得ることができるとともに、放電を持続させながらも処理ガスが過度に解離することを防止することができ、高エッチングレートで均一性の高いエッチング処理が可能となる。

【0020】さらに、請求項6によると、上記プラズマ処理装置は、上記重畳高周波電力の上記高周波電力成分は上記低周波電力成分よりも相対的に大きいことを特徴としている。

【0021】従って、高周波電力成分により高密度プラズマが生成され、低周波電力成分によりイオンが過度に加速されず、選択比を低下させることがなくなるため、所望のプラズマ処理を行うことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかるプラズマ処理装置を平行平板型プラズマエッチング装置に適用した、実施の一形態について詳細に説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一番号を付することにより、重複説明を省略することにする。

【0023】図1に示したプラズマエッチング装置100における処理室102は、導電性素材、例えばアルマイト処理されたアルミニウムからなる、気密で開閉自在な略円筒形状の処理容器104内に形成され、この処理容器104自体は接地線106を介して接地されている。

【0024】上記処理室102内の底部には絶縁性素材、例えばセラミックスの絶縁支持板108が設けられており、この絶縁支持板108の上部には被処理体、例えばウェハWを載置可能な、略円柱状の導電性素材、例えばアルマイト処理されたアルミニウムからなる下部電

極110が形成されている。

【0025】上記下部電極110内には、冷媒循環手段112が設けられており、上記下部電極110を介して、ウェハW上の被処理面を所定の温度に調節することが可能なように構成されている。

【0026】上記下部電極110の上面中央部には、ウェハWと略同型の静電チャック114が設けられている。上記静電チャック114は2枚のフィルム、例えば高分子ポリイミドフィルム114a及び114cによって、導電層114bが挟持された構成を有しており、この導電層114bに対して、処理容器104外部の高圧直流電源116から高圧直流電力、例えば1.5kVの高圧直流電力を印加することによって、この静電チャック114上面に載置されたウェハWは、クーロン力によってその位置で吸着保持されるように構成されている。

【0027】上記静電チャック114内には、不図示の伝熱ガス供給孔が略同心円上に形成されており、各伝熱ガス供給孔には伝熱ガス供給管118を介して伝熱ガス、例えばヘリウムガスが上記ウェハWの裏面と静電チャック114の上面との間に形成される微小空間に供給され、冷媒循環手段112からの伝熱効率を高めるように構成されている。

【0028】上記下部電極110の上端周縁部には、静電チャック114上に載置されたウェハWを囲むように、略環状のフォーカスリング120が配置されている。このフォーカスリング120は、反応性イオン等を引き寄せない絶縁性の材質、例えば石英からなり、プラズマによって発生した反応性イオン等を、その内側のウェハWにだけ、効果的に入射するように構成されている。

【0029】上記下部電極110と処理容器104の内壁との間には、複数のバッフル孔が穿設された排気リング122が、上記下部電極110を囲むように形成されている。この排気リング122は、排気流の流れを整え、処理容器104内から処理ガス等を、均一に排気するように設けられたものである。

【0030】上記処理容器104の側壁下方には、排気管124が設けられており、さらにこの排気管124には真空引き手段P126、例えばターボ分子ポンプが接続されており、上記真空引き手段P126の作動によって、上記排気管124及び排気リング122を介して、処理容器104内は所定の減圧雰囲気、例えば1~100mTorrまでの任意の減圧度にまで、真空引きできるように構成されている。

【0031】上記処理容器104上部には、上記下部電極110に対向する位置に導電性素材、例えばアルマイト処理されたアルミニウムからなる上部電極130が設けられている。

【0032】また、上記上部電極130にはガス導入管132が接続されており、このガス導入管132は、バ

ルブ134及びマスフローコントローラMFC136を介して、処理ガス供給源138に接続されている。

【0033】さらに、上記上部電極130の内部は、中空部130aを有する中空構造となっており、ウェハWに対向する面130bには、多数の吐出口130cが形成されている。従って、処理ガス供給源138から所定の処理ガス、例えばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスがマスフローコントローラMFC136により流量調節された後、バルブ134及びガス導入管132を介して、上記上部電極130内の中空部130a内に導入され、さらに上記吐出口130cを介して処理室102内に導入されるように構成されている。

【0034】上記処理容器104内にプラズマを発生させるための、本実施の形態にかかる上記下部電極110への重畳高周波電力の印加は、次のように行われている。まず、第一高周波信号源140から相対的に低い周波数、例えば380kHzの低周波信号が発振され、増幅器142によって増幅された後、整合器144を介して、上記低周波電力導入手段に後述の高周波電力成分が進入することを防止するために設けられたフィルタ146に導入され、上記重畳高周波電力の低周波電力成分となる。

【0035】一方、第二高周波信号源148から相対的に高い周波数、例えば13.56MHzの高周波信号が発振され、その高周波信号は変調器152に導入される。この変調器152には、上記第一高周波信号源140から発振された低周波信号も導入される。

【0036】上記変調器152は、低周波信号の位相に応じて高周波信号の振幅を大きくしたり、小さくしたりすることができ、それにより本実施の形態においては、低周波信号の負側では高周波信号の振幅を大きくし、低周波信号の正側では高周波信号の振幅を小さくするように調整する。なお、高周波信号の振幅が大きくなる位相や高周波信号の振幅の大きさは、変調器152、増幅器142及び150を調整することにより変更が可能である。

【0037】上記変調器152からの出力は、増幅器150に導入された後、整合器156を介して、上記高周波電力導入手段に低周波電力導入手段から供給されている低周波電力成分が進入することを防止するために設けられたフィルタ158に導入され、上記重畳高周波電力の高周波電力成分となる。

【0038】上記フィルタ146を介して導入される上記低周波電力成分に、上記フィルタ158を介して導入される高周波電力成分を重畳することにより、重畳高周波電力が形成される。また、上記重畳高周波電力は、上記高周波電力成分が上記低周波電力成分よりも相対的に大きいように構成されている。

【0039】ここで、本実施の形態にかかる重畳高周波電力の波形を示すと図2のようになり、上記低周波電力

成分の負側ピーク付近の高周波振幅(a)は大きく、正側ピークの高周波振幅(b)は小さくなっている。

【0040】また、上記下部電極110に対して、従来の一定周波数の高周波電力のみを印加した場合と、本実施の形態にかかる重畳高周波電力を印加した場合について、 $C_4F_8$ ガスを用いてシリコン酸化膜をエッチングした時のエッチングレートを図3に示した。

【0041】これによると、本実施の形態にかかる重畳高周波電力、例えば1500Wの高周波電力成分を、例えば1000Wの低周波電力成分に重畳した重畳高周波電力のエッチングレートは、従来の一定周波数の高周波電力、例えば1500Wの高周波電力と比較して21%程度、さらに1700Wの高周波電力と比較しても11%程度向上するため、高エッチングレートが得られることがわかる。

【0042】また、従来の一定周波数の高周波電力の電力出力をさらに上げた場合、高エッチングレートを得ることは可能となるが、それに伴って処理室内の電子温度も上昇してしまい、選択比が減少してしまう。従って、高選択比及び高エッチングレートでのエッチング処理を可能とするためには、本実施の形態にかかる重畳高周波電力を用いたプラズマ処理装置が有効である。

【0043】本実施の形態にかかるプラズマ処理装置は以上のように構成されており、例えばこのプラズマ処理装置を用いて、ウェハW上の被処理膜、例えばシリコン酸化膜のエッチング処理を施す場合について以下に説明する。プラズマエッチング処理装置100においては、まずウェハWが処理室102内の下部電極110上に載置された後、静電チャック114によって吸着保持される。

【0044】上記ウェハW上の被処理面は、上記下部電極110内に設けられている冷媒循環手段112、及び上記静電チャック114内に設けられている不図示の伝熱ガス供給孔から供給される伝熱ガス、例えばヘリウムガスにより所定の温度、例えば25°Cに維持されている。

【0045】処理ガス供給源138から所定の処理ガス、例えば $C_4F_8$ ガスがマスフローコントローラMFC136、バルブ134、ガス導入管132及び上部電極130を介して、処理室102内に導入される。

【0046】上記処理室102内は、真空引き手段P126の作動により、排気管124及び排気リング122を介して真空引きされ、所定の減圧雰囲気、例えば20mTorrが維持されている。

【0047】上記処理室102内の所定の場所にプラズマを発生させるため、まず第一高周波信号源140から相対的に低い周波数、例えば380kHzの低周波電力が発振され、増幅器142、整合器144及びフィルタ146を介して、重畳高周波電力の低周波電力成分が供給されている。

【0048】一方、第二高周波信号源148から相対的に高い周波数、例えば13.56MHzの高周波信号が発振され、変調器152によって拡幅変調された後、増幅器150、整合器156及びフィルタ158を介することにより、上記重畳高周波電力の高周波電力成分となる。

【0049】上記フィルタ146を介して導入される上記低周波電力成分に、上記フィルタ158を介して導入される高周波電力成分を重畳することにより、重畳高周波電力が形成される。

【0050】上記低周波電力成分の負側ピーク付近の高周波振幅が、正側ピークの高周波振幅よりもより強調されている上記重畳高周波電力を、上記下部電極110に印加することにより、高選択比及び高エッチングレートで、所望のエッチング処理を行うことができる。

【0051】次に、図4に示したプラズマエッチング装置200において、本発明の別の観点における下部電極110への重畳高周波電力の印加について説明する。まず、第一高周波電源171から相対的に低い周波数、例えば380kHzの低周波電力が発振され、整合器144を介して全波整流器162に導入される。

【0052】上記全波整流器162内には全波整流手段、例えばダイオードブリッジが形成されており、上記低周波電力の正側波形を負側に折り返すことができる。さらに、上記負側波形のみとなった低周波電力は、上記低周波電力導入手段に後述の高周波電力成分が進入することを防止するために設けられたフィルタ146に導入され、上記重畳高周波電力の低周波電力成分となる。

【0053】一方、第二高周波電源172から相対的に高い周波数、例えば13.56MHzの高周波電力が発振された後、増幅器164及び整合器156を介して、上記高周波電力導入手段に低周波電力導入手段から供給されている低周波電力成分が進入することを防止するために設けられたフィルタ158に導入され、上記重畳高周波電力の高周波電力成分となる。

【0054】上記フィルタ146を介して導入される上記負側波形のみとなった低周波電力成分に、上記フィルタ158を介して導入される高周波電力成分を重畳することにより、重畳高周波電力が形成される。また、上記重畳高周波電力は、上記高周波電力成分が上記低周波電力成分よりも相対的に大きいように構成されている。

【0055】上記重畳高周波電力の波形は図5に示したように、上記低周波電力成分の振幅が負側のみとなり、プラズマ中のイオンをウェハWに効率よく引き寄せることが可能となり、また比較的電力の小さい低周波電力を使用することにより、選択比及びエッチングレートがさらに向上することから、所望のエッチング処理を行うことができる。

【0056】なお、図1に示したプラズマエッチング装置100の整合器144とフィルタ146との間に、図

4に示したプラズマエッチング装置200において説明した全波整流器162を接続した構成とすることで、プラズマエッチング装置100に低周波信号の負側ピーク付近の高周波信号振幅を他の部分より大きくする機能を追加することが可能である。これにより、プラズマエッチング装置100においては、高周波信号の振幅が小さい部分があるため、処理ガスの解離が過度に進むことがなく、エッチングレート及びエッチングの均一性がさらに向上する。

【0057】以上、本発明の好適な実施の形態について、半導体ウェハ上のシリコン酸化膜をエッチング処理するプラズマ処理装置を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されるものではない。当業者であれば、特許請求の範囲の技術的思想の範疇において、各種修正例及び変更例に想到し得るはずであり、それらについても本発明の技術的範囲に当然属するものと解される。

【0058】例えば、上記実施の形態において、重畳高周波電力を構成している低周波電力成分及び高周波電力成分について、特定の周波数及び電力出力を例に挙げて説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、上記周波数及び電力出力を可変とする場合にも適用することが可能である。

【0059】また、上記実施の形態において、重畳高周波電力の供給構成の一例を挙げて説明したが、同一の構成としなくても、重畳高周波電力の供給が可能な構成であれば、いかなる回路構成でも採用することが可能である。

【0060】さらに、上記実施の形態において、平行平板型プラズマエッチング装置を用いて、半導体ウェハ上の被処理体をエッチング処理する例を挙げて説明したが、本発明は上記形態に限定されるものではなく、他のプラズマ処理装置によるプラズマ処理、例えばLCD用基板のアッシング処理等に適用することも可能である。

【0061】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、下部電極に印加する高周波電力を、相対的に高い周波数の高周波電力成分を相対的に低い周波数の低周波電力成分に重畳した重畳高周波電力とし、その重畳高周波電力の高周波電力成分の各振幅を、低周波電力成分の振幅にあわせて最適の状態に修正及び変更することが可能となるため、処理室内の電子温度の上昇が制御され、より高密度、高電位のイオンシース領域を得ることが可能となり、高選択比及び高エッチングレートで所望のエッチング処理を施すことができる。

度、高電位のイオンシース領域を得ることが可能となり、高選択比及び高エッチングレートで所望のエッチング処理を施すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用可能な平行平板型プラズマエッチング装置の実施の一形態を示す概略的な断面図である。

【図2】本実施の形態にかかる重畳高周波電力における正弦波の一例を示したものである。

【図3】各電力出力における従来の高周波電力及び本実施の形態にかかる重畳高周波電力を平行平板型プラズマエッチング装置に適用し、半導体ウェハに対してエッチング処理を施した際の各エッチングレートの一例を示したものである。

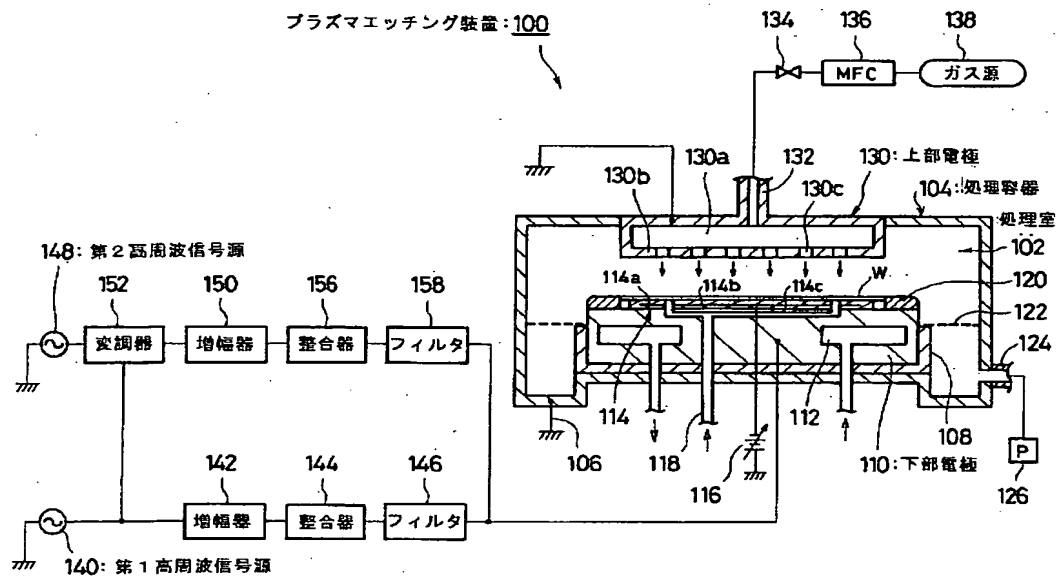
【図4】本発明を適用可能な平行平板型プラズマエッチング装置の実施の一形態を示す概略的な断面図である。

【図5】本実施の形態にかかる重畳高周波電力における正弦波の一例を示したものである。

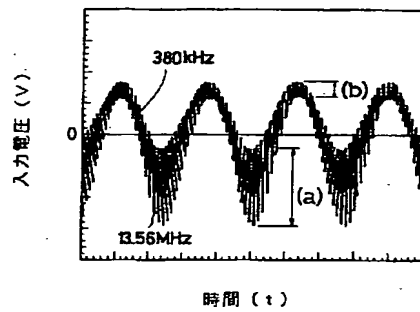
【符号の説明】

100、200	プラズマエッチング装置
102	処理室
104	処理容器
110	下部電極
112	熱媒循環手段
114	静電チャック
118	伝熱ガス供給管
124	排気管
126	真空引き手段
130	上部電極
132	ガス導入管
134	バルブ
136	マスフローコントローラ
138	処理ガス供給源
140	第一高周波信号源
142、150	増幅器
144、156	整合器
146、158	フィルタ
148	第二高周波信号源
152	変調器
162	全波整流器
171	第一高周波電源
172	第二高周波電源
W	ウェハ

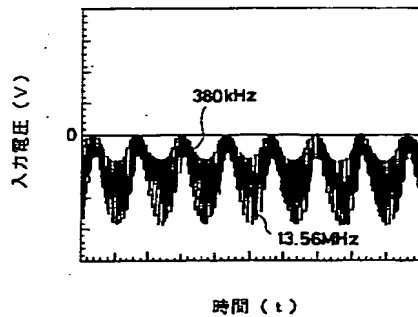
【図1】



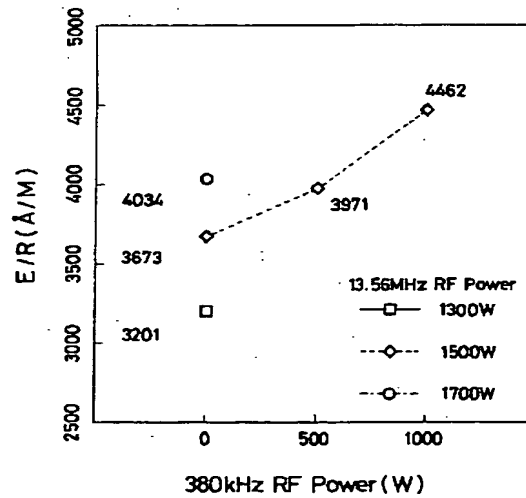
【図2】



【図5】



【図3】





【図4】

